Linee Guida Protezione dalla Corrosione nel Settore Ferroviario

Parte 1 ï Progettazione

1. Introduzione

Un rotabile ferrotranviario, metropolitano o un componente dello stesso (di seguito rotabile/i) esposto agli agenti atmosferici dellâambiente in cui opera, agli sbalzi termici e allâumidità, se non è adeguatamente protetto, è soggetto alla corrosione che può provocare gravi danni. Per evitare danneggiamenti da corrosione i rotabili devono essere protetti con trattamenti specifici per resistere alle sollecitazioni corrosive per tutto il tempo di ñ*vita nominale*ò richiesto e per realizzare unâefficace protezione dalla corrosione è importante che siano scelte soluzioni progettuali adeguate.

La corretta gestione di tutto il processo di protezione dalla corrosione deve essere chiaramente definita in un documento tecnico (ST dei requisiti), redatto dal progettista in collaborazione con esperti di anticorrosione, dove saranno definite:

- I documenti e le norme di riferimento
- le condizioni ambientali dâesercizio del rotabile
- le classi di aggressività dellâambiente in cui opera il rotabile
- le raccomandazioni relative al ciclo/cicli da impiegare per le varie parti e/o componenti del rotabile (esterno cassa, carrello, sotto cassa, componenti interni, ecc.)
- il piano di omologazione con definiti i test di omologazione ed i criteri di accettabilità in funzione dellâesposizione alla tipologia di corrosione stabilita per la parte e/o componente del rotabile (esterno cassa, carrello, sotto cassa, componenti interni, ecc.)

Il contenuto del documento tecnico è descritto nel capitolo 7.

2. Scopo

Lo scopo della presente parte è quello di definire le linee guida per la corretta progettazione di rotabili al fine di garantire la corretta applicazione dei trattamenti anticorrosivi.

3. Campo di applicazione

Le prescrizioni della presente parte si applicano alla progettazione di rotabili ferrotranviari, metropolitani e dei relativi componenti.

4. Normative di riferimento per la progettazione

- UNI EN ISO 8044 Corrosione di metalli e leghe - Termini fondamentali e definizioni.
- UNI EN 12258 - 1 Alluminio e leghe di alluminio ï Termini e definizioni

Salvo diverse prescrizioni e/o accordi contrattuali il progettista di rotabili si riferirà alle seguenti norme:

➢ Riferimento per la corrosività dellâambiente:

– *ISO 9223 Corrosion of metals and alloys - Corrosivity of atmosphere - Classification*
– *EN 50125 -1 Railway applications - Environmental conditions for equipment Part 1: Equipment on board rolling stock*
– *EN 60721-3-5 Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities ï Section 5: Ground vehicle installations*
– *UNI EN ISO 12944 ï 2 Protezione alla corrosione di strutture in acciaio mediante verniciatura ï Classificazione degli ambienti*

➢ Riferimento per i criteri da adottare per la progettazione:

– *ìUNI EN ISO 12944 - 1 Pitture e vernici ï Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura ï Introduzione generaleò*
– *ìUNI EN ISO 12944 - 3 Pitture e vernici ï Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura ï Considerazioni sulla progettazioneò.*
– *UNI EN 13261 - Applicazioni ferroviarie - Sale montate e carrelli - Assi - Requisiti del prodotto*

Anche se alcune delle norme sopra citate sono mirate alle strutture in acciaio, i criteri di base sono applicabili anche a strutture in acciaio inox e in lega di alluminio.

➢ Riferimento per la protezione al fuoco

– *ìUNI CEI 11170 - 3 Veicoli ferroviari - Linee guida per la protezione al fuoco dei veicoli ferroviari ed a via guidata - Valutazione del comportamento al fuoco dei materiali - Limiti di accettabilità.*
– *ìCEN TS 45545-2 Railway applications - Fire protection on railway vehicles ï Part 2: Requirements for fire behaviour of materials and componentsò (sostituirà la UNI CEI 11170-3)*

➢ Riferimenti per lôimpatto ambientale ed i rischi per la salute e la sicurezza dei lavoratori:

– *UNI EN ISO 12944 ï 1 Protezione alla corrosione di strutture in acciaio mediante verniciatura ï Introduzione generale.*
– *D.L. 81 2008*
– *D. L. 152 2006*

5. Acronimi, termini e definizioni

- ST - Specifica Tecnica
- LCA ï Life Cycle Assessment
- RAMS ï Reliability, Availability, Maintainability and Safety
- LCC ï Life Cycle Cost
- 1K - Monocomponente

- 2k ï Due componenti
- EP ï Epossidico
- PUR ï Poliuretanico
- PE ï Polietilene
- PES - Poliestere
- PP ï Polipropilene
- PTFE - Politetrafluoroetilene
- PRFV ï Poliestere Rinforzato Fibra Vetro
- AG ï Antigraffiti
- SB ï Solvent Borne
- WB ï Water Borne
- PC ï Powder coatings
- UV - Ultravioletto

Corrosione:
*ñInterazione fisico-chimica tra un metallo e il suo ambiente, che causa cambiamenti nelle proprietà del metallo e che può determinare un deterioramento significativo della funzione del metallo, dell'ambiente o la riduzione dell'efficienza del sistema tecnico di cui questi fanno parte***ò**

ñ*Deterioramento di un metallo in seguito a reazione chimica o elettrochimica con l***â****mbiente circostante***ò**

Sistema di corrosione:
ñ*Sistema costituito da uno o più metalli e di quelle parti dell***â****mbiente che influenzano la corrosione***ò**

Progetto:
ñ*Modo in cui una struttura deve essere costruita, descritta in un piano dettagliato, per tenere conto delle esigenze della corrosione***ò**

Protezione dalla corrosione:
ñ*Modifica di un sistema di corrosione in modo che il danno da corrosione sia ridotto***ò**

Resistenza alla corrosione:
ñ*Capacità del metallo di mantenere la propria funzionalità in un dato sistema di corrosione***ò**

Durabilità (rispetto alla corrosione):
ñ*Capacità di un sistema di corrosione di mantenere la propria funzionalità per un periodo determinato, quando siano soddisfatti i requisiti di uso e manutenzione specificati***ò**

ñ*Tempo previsto di durata dell***ê****fficacia di una verniciatura protettiva fino al primo importante intervento di manutenzione***ò**

Durata in servizio (rispetto alla corrosione):
ñ*Tempo durante il quale un sistema di corrosione soddisfa i requisiti di funzionalità***ò**

Vita nominale:
ñNumero di anni nel quale il manufatto purché soggetto alla manutenzione ordinaria, deve poter essere usato per lo scopo al quale è destinatoò (Vedi anche NTC ï Norme Tecniche per le Costruzioni § 2.5 - D.M. 14 Gennaio 2008)

Rivestimento protettivo anticorrosivo:
ñInsieme di strati di materiali metallici e/o di pitture o prodotti simili che devono essere applicati o che sono stati applicati su un substrato per proteggerlo dalla corrosioneò

ñStrato o strati di materiale, applicati su una superficie metallica per assicurarne la protezione dalla corrosioneò

Trattamento del supporto:
ñTrattamento che implica un cambiamento della superficieò

Trattamento di conversione:
ñProcesso chimico o elettrochimico per produrre un rivestimento costituito da un composto del metallo di superficie. Esempi: Rivestimenti di cromato su zinco o cadmio; rivestimenti di fosfocromatazione per alluminio; rivestimenti di ossido e fosfato su acciaioò

Sistema di verniciatura:
ñStrati di prodotti vernicianti (liquidi o polveri) applicati su un supporto, opportunamente trattato, per proteggerlo dalla corrosioneò

Vernici:
ñProdotti trasparenti che applicati su un supporto ne migliorano lâspetto ma non ne nascondono la superficieò

Pitture:
ñProdotti che oltre alla sostanza filmogena trasparente contengono particelle solide (pigmenti e cariche)ò

Smalti:
ñProdotti pigmentati che per aspetto, levigatezza e distensione della pellicola imitano gli smalti ceramiciò

Rivestimenti in polvere:
ñMiscela di pigmenti, additivi e cariche dispersi in un sistema legante (resina più indurente) adatto a formare un film di vernice. Il tutto è in forma di polvere fine.

6. Attività da sviluppare in fase di progettazione

6.1 Generalità

Il progettista deve progettare il rotabile in modo che sia garantita lâpplicazione del sistema di protezione contro la corrosione in funzione della durabilità richiesta per lâmbiente in cui andrà ad operare il rotabile stesso.

È pertanto fortemente raccomandato che il progettista consulti un esperto di protezione della corrosione allôinizio del processo di progettazione.

6.2 Criteri di base

- Stabilire la ñvita nominaleò richiesta per il manufatto, dunque identificare la durabilità dei sistemi di protezione alla corrosione.
- Individuare e classificare la corrosività dellôambiente nella zona in cui il rotabile sarà utilizzato.
- Identificare eventuali condizioni di corrosione particolari.
- Progettare il manufatto in modo di garantire adeguata accessibilità per i lavori di protezione dalla corrosione.
- Eliminare i punti di attacco dai quali può diffondersi la corrosione (trappole di corrosione).
- Eliminare le cause della corrosione galvanica.
- Eliminare ristagni d'acqua o umidità, garantendo un'adeguata aerazione di zone di interstizio tra due materiali.
- Eliminare gli spigoli vivi sui componenti esterni del veicolo.
- Identificare il trattamento che offre la durabilità richiesta per lôambiente in questione, in base alle prove di laboratorio previste.
- Comportamento fuoco fumi dei prodotti utilizzati per il rivestimento anticorrosivo.
- Predisporre il manufatto per gestire le attività di movimentazione, trasporto e assemblaggio per evitare danneggiamenti alla protezione anticorrosiva adottata.
- Stabilire un programma di manutenzione esteso a tutta la durata in servizio della struttura.
- Assicurarsi che siano ridotti al minimo i danni allôambiente e tutti i rischi per la salute e la sicurezza di operatori e utilizzatori.

6.3 Valutazione durabilità

La durabilità corrisponde alla previsione indicativa relativa allôefficacia di un trattamento a cui viene sottoposto un manufatto al fine di ottenere una buona protezione anticorrosiva. Nello specifico è lôintervallo di tempo che si rileva dalla messa in opera del rotabile al primo importante intervento di manutenzione.
La durabilità non costituisce una ñgaranzia di durataò, bensì è unôindicazione (di durata) che può aiutare per la compilazione di un attendibile programma di manutenzione. Una garanzia di durata è invece una nozione giuridica, oggetto di clausole contrattuali particolari.

Il livello di degrado della protezione anticorrosiva prima del primo importante intervento di manutenzione deve essere concordato tra le parti interessate, se non diversamente concordato il progettista può prendere come riferimento le indicazioni della UNI EN ISO 12944-1.
Inoltre, considerando che la durata dellôefficacia protettiva del sistema anticorrosivo è generalmente minore della durata in servizio del rotabile, in fase di pianificazione e progettazione devono essere valutati anche gli aspetti relativi agli interventi di riparazione (requisiti RAMS e LCC).

6.4 Valutazione corrosività ambientale

Dopo la definizione della ñvita nominaleò del ns. manufatto il progettista deve prevedere lôindividuazione e la classificazione della corrosività dellôambiente nellôambiente in cui il rotabile opererà.
La corrosione atmosferica avviene nello strato di umidità presente sulla superficie del metallo, spesso non visibile a occhio nudo.

La velocità di corrosione viene inoltre condizionata da diversi fattori:

- ❑ Umidità relativa
- ❑ Condensa
- ❑ Aumento del tasso di inquinamento in atmosfera

Per la scelta del trattamento di protezione anticorrosiva e di finitura estetica è molto importante verificare le condizioni climatiche tipiche del territorio dove è previsto lôimpiego del rotabile.

Le condizioni climatiche

- ❑ La velocità di corrosione sarà minore in un clima freddo e/o secco che in un clima temperato; sarà maggiore in un clima caldo umido e in un clima marino, anche se vi possono essere considerevoli differenze da una località allôaltra.
- ❑ Il principale fattore di corrosione è la durata di esposizione, del rotabile, ad un tasso di umidità elevato.

Condizioni particolari

Esistono condizioni/sollecitazioni particolari che provocano un significativo aumento della corrosione e che richiedono cicli protettivi di maggiore efficacia.
I principali esempi sono: *sollecitazioni chimiche e biologiche, sollecitazioni meccaniche, sollecitazioni dovute alla condensa, sollecitazioni dovute a temperature medie o alte, corrosione aumentata a seguito di una combinazione di sollecitazioni meccaniche, correnti indotte, atmosfere aggressive (industriali, marine, deserti, ecc.)*.

6.5 Progettazione

Obiettivo del progetto di un rotabile è assicurare che sia idoneo alla sua funzione.
Nella sua globalità il progetto deve facilitare i processi di protezione contro la corrosione e quindi definire la preparazione della superficie, la protezione anticorrosiva, i controlli e la manutenzione.
La forma di un manufatto può fortemente influire sulla sua predisposizione alla corrosione, di conseguenza le strutture dovranno essere progettate in modo da non favorire ñtrappole di corrosioneò dalle quali la corrosione stessa possa diffondersi.
Dovranno essere favorite le giunzioni saldate a quelle imbullonate o rivettate per evitare punti di innesco di corrosione interstiziale o galvanica. Le saldature discontinue dovranno essere impiegate per la giunzione di parti dove il rischio di corrosione è trascurabile.

Inoltre il progettista dovrà tenere in considerazione anche l'applicabilità della tecnologia anticorrosiva adottata sia per le attività di preparazione superficiale, di tipo meccanico (spazzolatura, carteggiatura, sabbiatura) o chimico (processi di conversione superficiale, filmogeni, ecc.) che per l'applicazione dei prodotti, cioè verniciatura con prodotti liquidi a spruzzo, a immersione, a pennello, verniciatura con polveri termoindurenti, zincatura a caldo o elettrolitica, ossidazione anodica, altri.

Di seguito gli argomenti relativi ai criteri di base minimi per una corretta progettazione:

- *Scelta dei materiali*
- *Accessibilità*
- *Trattamento degli interstizi*
- *Precauzioni per impedire ritenzioni di sedimenti e di acqua*
- *Prevenzione dalla corrosione galvanica*
- *Giunzioni bullonate o chiodate*
- *Parti scatolate e componenti incassati*
- *Spigoli vivi*
- *Movimentazione, trasporto e assemblaggio*

6.5.1 Scelta dei materiali

I principali criteri, analizzati congiuntamente ai requisiti prestazionali del rotabile, per la scelta di un materiale semilavorato (lamiere, barre, estrusi, getti, ecc.) sono:

- proprietà tecnologiche: resistenza meccanica, modulo elastico, duttilità, resistenza a fatica, usura, ecc.
- tecniche di fabbricazione: formatura, fusione, lavorazione di macchina, ecc.
- proprietà chimiche: resistenza alla corrosione
- disponibilità e costi: fonti di approvvigionamento, disponibilità del materiale, costi del materiale e di lavorazione

Quindi il progettista, compatibilmente con le esigenze di carattere strutturale, economico e di disponibilità dei materiali, deve orientare la scelta verso semilavorati di metallo con buona resistenza alla corrosione. La scelta di un materiale con buona resistenza alla corrosione è determinante anche ai fini della definizione del processo anticorrosivo.

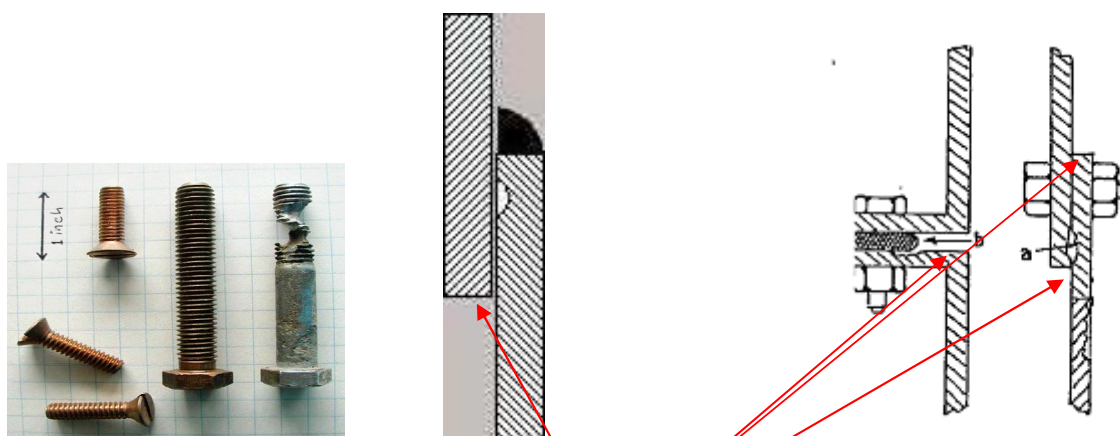
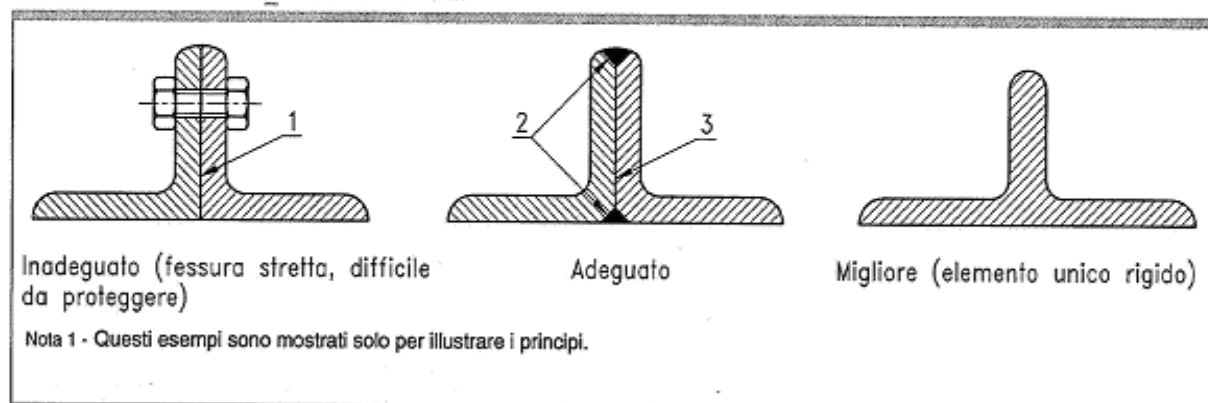
6.5.2 Accessibilità

I rotabili devono essere progettati in modo da essere accessibili per l'applicazione, il controllo e la manutenzione del ciclo anticorrosivo.

Il progettista dovrà verificare che tutte le superfici oggetto di trattamento protettivo anticorrosivo siano visibili e raggiungibili dall'operatore e dall'attrezzatura utilizzata per l'applicazione dei prodotti. Questa verifica deve essere eseguita anche per i processi automatizzati (linee robotizzate, processi ad immersione, ecc.).

6.5.3 Trattamenti interstizi

Tipicamente questo fenomeno si verifica in corrispondenza di zone di accoppiamento ed in presenza di fessure, interstizi, collegamenti filettati, giunti saldati, ecc., a causa della ritenzione di umidità.

Alcuni esempi significativi di fenomeni corrosivi di tipo interstiziale e di corretta realizzazione di dettagli costruttivi, sono illustrati nelle foto e negli schemi successivi.

Sigillare ï Interporre lamine di zinco

Per prevenire il fenomeno bisogna evitare gli interstizi o sigillare la zona quando questi possono entrare in contatto con umidità, oppure usare guarnizioni non porose e di forma corretta (es. sporgenti), procedere con la chiusura della zona mediante saldatura o

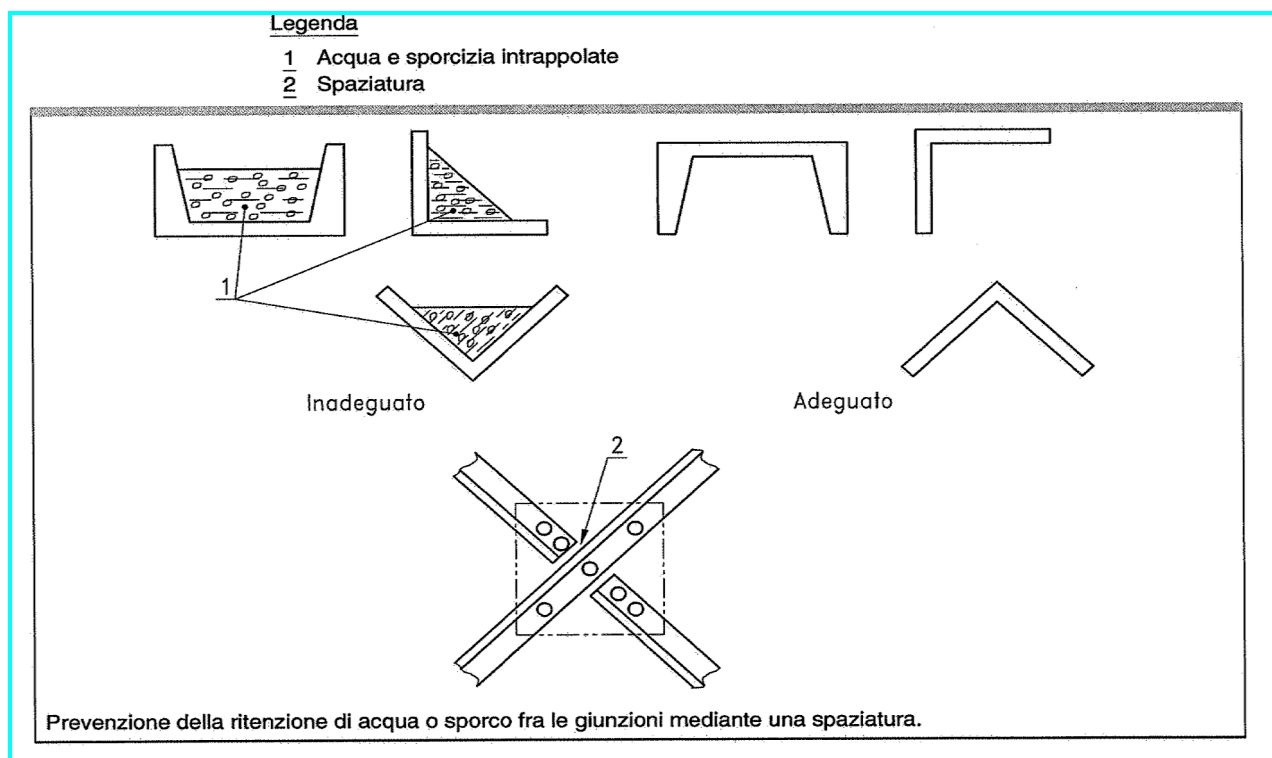
sigillatura, usare materiali non soggetti a corrosione interstiziale nella soluzione in cui sono situati.

6.5.4 Precauzioni per impedire ritenzioni di sedimenti e di acqua

E' importante riuscire a progettare un prodotto che presenti superfici facilmente trattabili con il processo anticorrosivo, questo perché la presenza di umidità o di zone scarsamente aerate, può causare l'innesco di fenomeni corrosivi.

E' necessario quindi studiare soluzioni geometriche che non favoriscano il ristagno di acqua, umidità, sporcizia e polvere (trappole di corrosione) e che al contrario favoriscano la corretta applicazione del processo anticorrosivo, pretrattamento superficiale e ciclo protettivo (verniciatura, anodizzazione, zincatura, ecc.).

Nei casi dove non si riesce a garantire completamente il rispetto degli accorgimenti sopracitati è buona regola utilizzare adeguati sigillanti per chiudere le zone a rischio o prevedere adeguati drenaggi.

Prevenzione della ritenzione di acqua o sporco fra le giunzioni mediante una spaziatura.

6.5.5 Prevenzione dalla corrosione galvanica

Questo tipo di corrosione rappresenta il maggior numero di casi pratici ed è riconducibile essenzialmente ad un fenomeno elettrochimico molto simile a ciò che avviene in una pila. Cioè lœelettricità scorre tra due metalli, o due zone del medesimo metallo, attraverso una soluzione. Eôquindi necessario avere due elettrodi, un catodo ed un anodo, e una soluzione

(acqua, soluzione chimica, ecc.). In questo caso la corrente passa dallâanodo (parte corrosa) al catodo (parte protetta) e, se si crea un circuito attraverso il contatto tra i due metalli con differenza di potenziale, si ha un flusso elettrolitico che porta alla progressiva corrosione dellâanodo. Questa tipologia di corrosione è definita galvanica.

Trattandosi di corrosione galvanica è necessario conoscere quali sono i metalli che si sacrificheranno e quali saranno quelli protetti. Prendendo a riferimento la tavola di corrosione galvanica, maggiore è la distanza tra un metallo anodico e un catodico, maggiore è la differenza di potenziale e quindi la corrosione a scapito del metallo anodico.

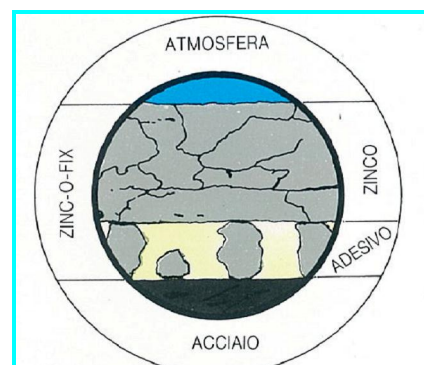
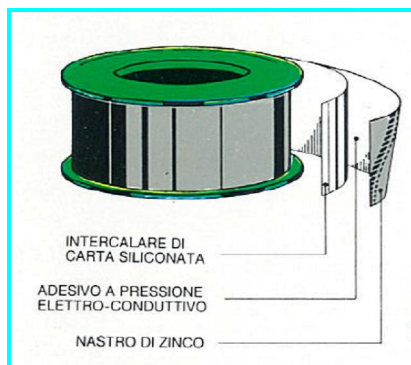
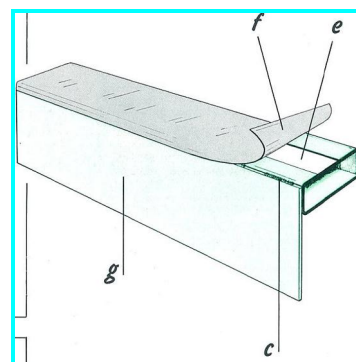
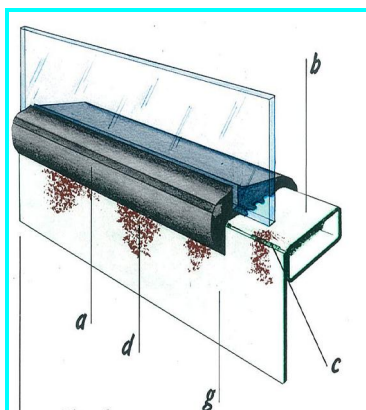
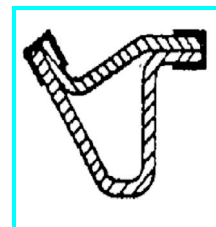
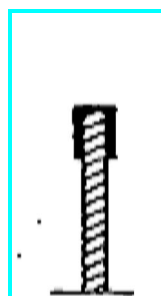
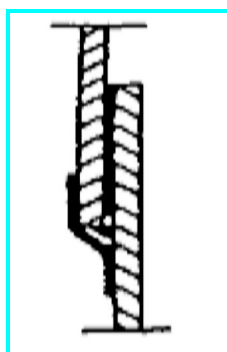
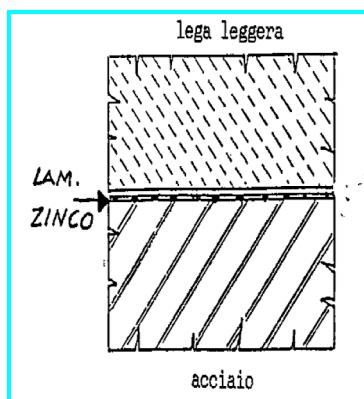
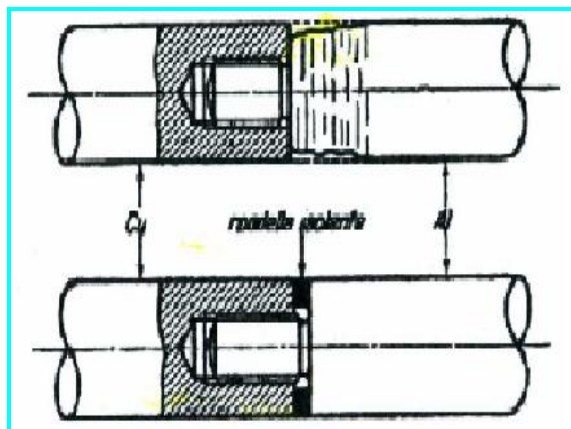
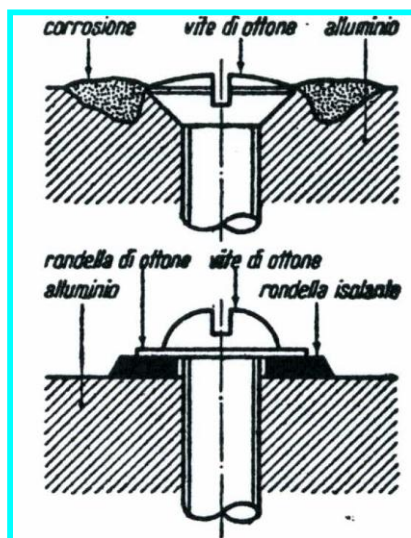
TAVOLA CORROSIONE GALVANICA

Serie galvanica dei metalli
(in acqua marina, o in soluzioni saline, acide o alcaline, diluite)

Termine anodico (reattivo)		*(Idrogeno)*	
Magnesio	(Mg)	Ottoni	(Cu-Zn)
Alluminio	(Al)	Rame	(Cu)
Zinco	(Zn)	Leghe saldanti	Ag-Cu
Cadmio	(Cd)	Bronzi	(Cu-Sn)
Leghe Al-Cu-Mg	(*duralluminio*)	Cupronichel	(Cu Ni)
Ferro	(Fe)	Monel	(Ni-Cu)
Acciai comuni		Nichelio	(Ni, *passivo*)
Ghise comuni		Cromo	(Cr, *passivo*)
Inossidabili ferritici (*attivi*)		Inossidabili	(*passivi*)
Inossidabili austenitici (*attivi*)		Argento	(Ag)
Leghe saldanti Pb Sn		Grafite	(C)
Stagno	(Sn)	Oro	(Au)
Piombo	(Pb)	Platino	(Pt)
Nichelio	(Ni, *attivo*)	*Termine catodico* (nobile)	

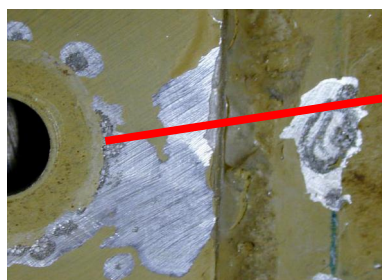
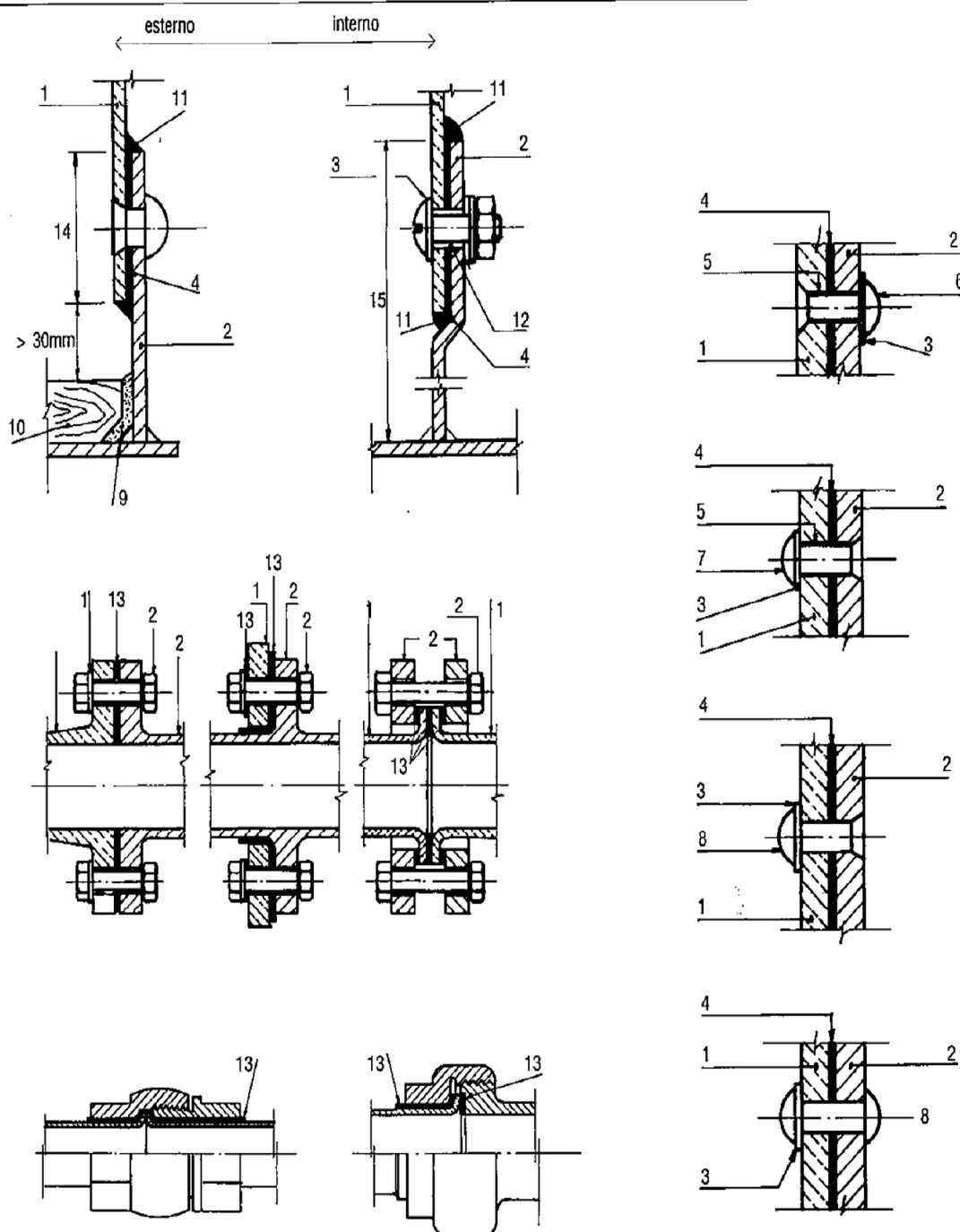
Tra gli accorgimenti tecnologici per evitare lâinnesco di fenomeni corrosivi sempre a scapito del metallo meno nobile o anodico rispetto al metallo più nobile o catodico, possono essere presi in esame:

- Impiego di acciai cadmiati o zincati per giunzioni di manufatti in alluminio
- Impiego di materiali con potenziali di corrosione prossimi tra loro
- Rondelle di materiale isolante
- Prodotti isolanti o di materiale sacrificale
- Paste isolanti
- Anodizzazione dellâalluminio
- Applicazioni di primer al alto potere anticorrosivo
- Uso di sigillanti

Alcuni esempi significativi di fenomeni corrosivi di tipo galvanico e di corretta realizzazione di dettagli costruttivi che prevedono lâimpiego di prodotti isolanti o sacrificali, sono illustrati nelle foto e negli schemi successivi.

La micrografia ingrandita mostra un nastro di zinco lamellare applicato ad una superficie di acciaio. Si nota che i cristalli di zinco hanno una forma regolare, che lo strato adesivo ha spessore uniforme e che i granuli di zinco sono dispersi con regolarità nella matrice acrilica. Questi granuli svolgono la funzione di rendere elettro-conduttivo l'adesivo e di assicurare una continuità metallica permanente tra zinco e metallo (ferro, alluminio, ecc.).

6.5.6 Giunzioni bullonate o chiodate

I fenomeni corrosivi che potrebbero scaturire da zone di contatto tra materiali diversi o dovuti al ristagno di umidità, possono causare fenomeni di corrosione galvanica o interstiziale (vedi anche "Trattamenti interstizi" e "Prevenzione dalla corrosione galvanica"). Questi fenomeni si possono presentare anche per le giunzioni bullonate o chiodate. Quindi il progettista dovrà prevedere un'adeguata sigillatura con cere o sigillanti idonei intorno della testa dei rivetti o delle viti.

Alcuni esempi significativi di fenomeni corrosivi e di corretta realizzazione di dettagli costruttivi per giunzioni bullonate o chiodate sono illustrati nelle foto e negli schemi successivi.

esterno interno

1 Lega di alluminio - 2 Acciaio - 3 Rondella di ferro zincato - 4 Nastro isolante - 5 Mastice - 6 Chiodo di alluminio - 7 Chiodo di ferro ribadito a freddo - 8 Chiodo di ferro ribadito a caldo - 9 Pece - 10 Legno - 11 Sigillante - 12 Bussola isolante - 13 Guarnizione isolante - 14 Tre volte il diametro del chiodo - 15 Area minima da verniciare.

Nel caso specifico di chiodature o bullonature è sempre preferibile che risulti anodica (quindi più corrodibile) la struttura, poiché per lo sfavorevole rapporto di aree, qualora fosse anodico l’elemento di giunzione, la cinetica di degradazione funzionale della giunzione sarebbe incrementata, naturalmente in assenza di protezione adeguata.

Viti, dadi, rondelle e chiodi devono essere protetti dalla corrosione, con la stessa durabilità della protezione dalla corrosione del manufatto.

6.5.7 Parti scatolate e componenti incassati

Le parti scatolate ed **ermeticamente** sigillate non sono soggette a corrosione interna.

La progettazione dei componenti scatolati e delle parti incassate deve assicurare l’ermeticità all’aria con saldature continue, sigillature, guarnizioni a tenuta, ecc., altrimenti può entrare umidità per condensa che ritenuta all’interno dello scatolato può innescare processi corrosivi.

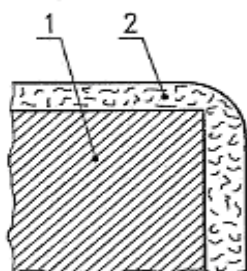
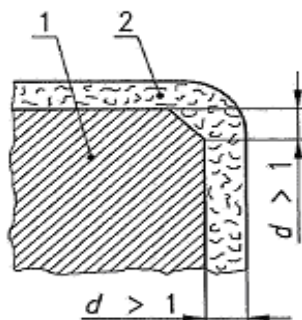
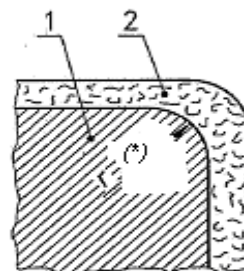
Nel caso in cui non sia garantita la chiusura ermetica dello scatolato e delle parti incassate è necessario che il progettista preveda:

- Dispositivi di drenaggio
- Protezione dalla corrosione dell’interno dello scatolato

I componenti scatolati e le parti incassate soggette a cicli anticorrosivi ad immersione (processi di conversione superficiale a bagno, ossidazione anodica, verniciatura ad immersione, cataforesi, ecc.) devono essere ermeticamente chiusi, escluso processi di zincatura a caldo.
Nel caso in cui il processo richieda il trattamento dell’interno dello scatolato o della parte incassata prevedere, dopo confronto con il tecnico esperto del processo specifico, forature adeguate a garantire il corretto flusso dei prodotti.

Per le zincature a caldo devono essere rigorosamente rispettati i requisiti di progetto che consentano la zincatura sia per garantire la protezione del manufatto sia per evitare il rischio da esplosione (vedi UNI EN ISO 1461, UNI EN ISO 14713-1 e UNI EN ISO 14713-2).

6.5.8 Spigoli vivi

In particolare per l’esterno del rotabile nelle zone soggette alla corrosione, tutti gli spigoli devono essere arrotondati per garantire l’uniformità e adeguatezza del rivestimento protettivo (raggio minimo consigliato Ó1 m/m).

(*) Vedi valori consigliati nelle presenti linee guida

6.5.9 Movimentazione, trasporto e assemblaggio

Lčassemblaggio, la movimentazione e il trasporto di un rotabile devono essere tenuti in considerazione in fase di progetto affinché siano adottate le opportune precauzioni per evitare danneggiamenti al processo anticorrosivo.

6.6 Manutenzione

La durata nel tempo di un manufatto dipende anche dalla manutenzione preventiva cui sarà soggetto in servizio. La manutenzione deve essere fatta in tempi che non risultino tardivi e con modalità idonee. Si raccomanda di seguire le disposizioni indicate dal fornitore del trattamento prescelto.

Manutenzione ordinaria

Per prolungare la durata del rivestimento protettivo per tutta la vita nominale del manufatto, è necessario eseguire una ordinaria manutenzione prima che si manifesti qualsiasi traccia di corrosione e preferibilmente appena vengano riscontrati alterazioni del rivestimento protettivo (piccoli urti, graffi, ecc.).
Sono considerate attività manutentive anche le tecnologie (attrezzature e prodotti) e le cadenze di lavaggio del rotabile.
Il fornitore del ciclo anticorrosivo dovrà fornire tutte le indicazioni per permettere la stesura del piano di manutenzione ordinaria.

Le attività di manutenzione devono essere stabilite in funzione della durabilità e criticità del componente.

Manutenzione straordinaria

La manutenzione straordinaria è da effettuarsi quando si manifestino situazioni particolari per corrosione indotta da un uso errato del rotabile, dal contatto accidentale con prodotti aggressivi ed in particolare per gravi danneggiamenti al rivestimento protettivo.
Anche in questo caso il fornitore del ciclo anticorrosivo dovrà fornire tutte le indicazioni per permettere la stesura di un piano di manutenzione straordinaria o quantomeno le indicazioni per il ripristino dei danneggiamenti.

I controlli relativi alla valutazione dello stato della protezione anticorrosiva del rotabile, cioè la valutazione dell’innesco di eventuali aggressioni corrosive, devono essere eseguiti da un esperto di anticorrosione.

7. Specifica Tecnica dei requisiti

7.1 Generalità

Il presente capitolo definisce il macro contenuto tecnico della “ST dei requisiti”, la tipologia delle prove di omologazione ed i criteri di accettabilità per cicli anticorrosivi che prevedono preparazione superficiale e verniciatura con vernici liquide (Waterborne e Solventborne) e polveri termoindurenti.
Per i trattamenti di ossidazione anodica e di zincatura elettrolitica o lamellare sono indicate soltanto le specifiche prove di omologazione.

Le prove di omologazione ed i criteri di accettabilità di altri processi anticorrosivi dovranno essere definiti tra il progettista e l’esperto di anticorrosione.

Di seguito i macro argomenti a carattere indicativo, relativi al contenuto del documento:

- Generalità
  - Scopo
  - Fornitura
  - Caratteristiche del rotabile
- Aspetti legali, normativi e contrattuali
  - Norme, leggi e regolamenti
  - Documenti contrattuali
  - Altri norme e documenti
- Requisiti
  - Condizioni ambientali d’esercizio (temperatura, umidità, pioggia, neve, ghiaccio, vento, radiazioni solari, inquinamento, corrosività atmosferica, urti e vibrazioni, ecc.)
  - Dati di servizio del rotabile
  - Lavaggi esterni ed interni
  - Manutenzione
  - Salute, sicurezza e requisiti ambientali
  - LCA – Life Cycle Assessment

- Materiali vietati

- Sistemi anticorrosivi per le varie parti e/o componenti del rotabile (esterno cassa, carrello, sotto cassa, componenti interni, ecc.)
- Piano di omologazione con definiti i test di omologazione ed i criteri di accettabilità in funzione dell'esposizione alla tipologia di corrosione stabilita per la parte e/o componente del rotabile (esterno cassa, carrello, sotto cassa, componenti interni, ecc.), per ogni processo anticorrosivo
- Dichiarazione di conformità
- Controllo qualità

7.2 Normative di riferimento

Le principali normative di riferimento sono elencate nell'**Allegato A** delle presenti Linee Guida.

7.3 Struttura del documento

7.3.1 Scopo

La presente specifica fornisce i principali requisiti e descrive una linea guida per il fornitore del ciclo anticorrosivo per quanto riguarda il grado di preparazione del supporto, la tipologia dei prodotti, i loro spessori e la sequenza di applicazione, i test di omologazione ed i criteri di accettabilità.

7.3.2 Fornitura

Il fornitore del ciclo anticorrosivo, il quale ha la responsabilità del rispetto dei requisiti contrattuali in termini di garanzie sulla base dei requisiti generali indicati nel presente documento, emette il Ciclo di Protezione Preliminare confermando quanto proposto nella ST dei requisiti o apportandovi le modifiche che ritiene necessarie per il rispetto dei requisiti contrattuali.
L'attività di omologazione del Ciclo di Protezione Preliminare può essere effettuata dal Committente, dall'applicatore o dal fornitore del ciclo stesso secondo quanto definito nella Parte 2 capitolo 5 delle presenti Linee Guida per dimostrare il rispetto dei requisiti di cui al par. 7.5 Parte1, secondo gli accordi contrattuali tra le parti.

7.3.3 Caratteristiche del rotabile

In questo paragrafo devono essere definite le principali caratteristiche del rotabile:

- Tipologia (treno AV, metropolitana, tram, ecc.)
- Destinazione
- Composizione
- Specifiche tecniche di interoperabilità e requisiti per l'ammissione tecnica alla rete ferrotranviaria a cui è destinato il rotabile

7.4 Aspetti legali, normativi e contrattuali

Il sistema anticorrosivo deve rispondere ai requisiti definiti nei successivi paragrafi. Inoltre devono essere applicate le leggi, norme e regolamenti in vigore alla data di omologazione del rotabile.
Il fornitore del ciclo anticorrosivo è responsabile del monitoraggio dello stato di legislazione in vigore nel periodo della fornitura fino all'omologazione del rotabile.

7.4.1 Norme leggi e regolamenti

In questo paragrafo devono essere definite tutte le leggi ed i regolamenti della normativa vigente oltre che le norme stabilite dagli organismi di normalizzazione europei, nazionali ed internazionali, comprese le normative relative alla tutela dell'ambiente e alla tutela della salute e della sicurezza di operatori e utilizzatori.

7.4.2 Documenti contrattuali

Indicare la documentazione contrattuale specifica.

7.4.3 Altre norme e documenti

Indicare le norme di riferimento relative alle prove di omologazione del ciclo anticorrosivo, prove fuoco fumi, corrosività dell'ambiente, istruzioni operative utili alla valutazione del processo o di una fase dello stesso, procedure di pulizia in uso o richieste dal Cliente, ecc.

7.5 Requisiti

7.5.1 Condizioni ambientali

Il sistema anticorrosivo deve garantire la protezione contro la corrosione nelle condizioni ambientali definite nei punti successivi. In particolare dovranno essere definiti i valori di:

- Range temperature
- Altitudine
- Umidità ambiente esterno
- Pioggia, neve e grandine
- Vento
- Pressione
- Radiazioni solari
- Inquinamento da ambiente industriale, marino, ecc., da sostanze chimiche, da sostanze biologiche
- Sostanze abrasive quali sabbia o composti di altra natura
- Shocks termici
- Vibrazioni

– Ecc.

7.5.2 Dati di servizio del rotabile

– Km anno
– Giorni funzionamento anno
– Vita rotabile
– Intervallo di pulizia esterna ed interna dl rotabile
– Ecc.

7.5.3 Lavaggi esterni ed interni

Questo paragrafo deve definire le cadenze, le tecnologie ed i prodotti utilizzati per la attività di lavaggio delle superfici esterne (fiancate, tetto e testate, sottocassa e carrelli) ed interne del rotabile.
Le cadenze devono tenere in considerazione le condizioni di esercizio del rotabile ed in particolare le condizioni ambientali. Deve essere inoltre valutata la presenza di particolari agenti aggressivi come per esempio sale o composti chimici utilizzati nei periodi invernali per evitare la formazione di ghiaccio.

7.5.4 Manutenzione

Per quanto concerne le manutenzioni devono essere prese in esame i seguenti punti (vedi anche par. 6.6):

– Intervallo manutenzione
– Tolleranze chilometraggio attività manutenzione
– Soddisfacimento dei requisiti RAMS e LCC
– Definizione del piano di manutenzione da parte del fornitore del ciclo anticorrosivo da sottoporre al committente, in particolare:

  - modalità e tipologia dei controlli
  - definizione dei danni e metodi di intervento
  - prodotti di lavaggio

7.5.5 Salute, sicurezza e ambiente

La tipologia dei prodotti anticorrosivi dovrà essere a basso impatto ambientale (ñenvironmentally friendlyò), per quanto possibile.

7.6 LCA ï Life Cycle Assessment

Definire lôimpatto ambientale ossia i livelli di LCA ï Life Cycle Assessement.

7.6.1 Materiali vietati

Indicare le sostanze vietate/limitate e definire le modalità di comportamento del fornitore nei confronti del Committente nel caso in cui sia necessario utilizzare prodotti, composti o miscele che contengano sostanze vietate.

7.7 Sistemi anticorrosivi del rotabile per esterno cassa, carrello, sale, sotto cassa, componenti interni, ecc.

Nei seguenti paragrafi devono essere definite le linee guida necessarie alla emissione del ciclo anticorrosivo con protezione del supporto mediante l'utilizzo di prodotti vernicianti liquidi (SB o WB) o polveri termoindurenti.

I prodotti impiegati per le superfici interne a vista ed esterne dovranno facilitare la rimozione dei graffiti senza provocare danneggiamenti alla verniciatura.

La natura dei prodotti vernicianti per supporti in acciaio, acciaio inox, lega alluminio e PRFV con pelle esterna in gel coat, se non diversamente specificato nei documenti contrattuali, dovrà essere la seguente:

- Fondo: 2K EP WB/SB
- Intermedio: 2K EP SB/WB o 2K PUR SB/WB
- Stucco: 2K EP SB
- Stucco: 2K PES SB
- Smalto finale: 2K PUR WB/SB (AG ove richiesto)
- Base opaca: 2K PUR WB/SB o 1K PUR WB/SB
- Trasparente: 2K PUR WB/SB (AG ove richiesto)

La terminologia relativa alle singole parti del rotabile è definita nell'Allegato F delle presenti Linee Guida.

7.7.1 Trattamenti superficiali di tipo meccanico

Prima di eseguire la preparazione superficiale dovranno essere comunque eliminati da tutti i tipi di supporto (acciaio, acciaio inox, lega leggera e materiali compositi) contaminanti superficiali, prodotti di corrosione, oli, grassi, (strati di ossido anodico per leghe di alluminio) e rivestimenti organici (vedi per esempio UNI EN ISO 12944-4 per acciaio).

Supporti in acciaio al carbonio escluso sale (assili e ruote):

a. Pulire accuratamente tutte le saldature da ceneri residue e spruzzi di saldatura, eliminando crateri, scorie, profili irregolari, incisioni e incollature (vedi UNI EN ISO 8501-3).

b. Sabbiatura mediante graniglia metallica angolosa:

   - grado di pulizia Sa 2½ secondo ISO 8501-1 (vedi anche riferimenti fotografici allegati)

- rugosità per componenti con spessore > di 2 mm: Ra Ó3,2 e Ò12 µm secondo ISO 8503-4 (se non diversamente specificato a disegno)
- rugosità per componenti con spessore < di 2 mm: Ra Ó 1,6 e Ò 6,3 µm secondo ISO 8503-4 (se non diversamente specificato a disegno)

Per i componenti di piccole dimensioni è possibile sostituire la sabbiatura con la spazzolatura e/o carteggiatura secondo ISO 8504-3.

d. Dopo il completamento della attività di preparazione superficiale è necessario verificare lôeventuale presenza di contaminanti superficiali quali sali e polveri (vedi UNI EN ISO 8502-3 e UNI EN ISO 8502-6). In particolare la pulizia del manufatto deve essere eseguita in modo accurato tramite aspirazione, soffiatura o altro metodo idoneo in modo che tutte le superfici (in particolare gli scatolati semi aperti o altre situazioni simili) risultino prive di impurità o polvere.

La sabbiatura e/o carteggiatura/spazzolatura deve essere eseguita immediatamente prima delle operazioni di applicazione dei prodotti anticorrrosivi. Non devono trascorrere più di 8 ore tra la fine della sabbiatura e la successiva applicazione della primo strato di prodotto anticorrosivo e non devono trascorrere più di 32 ore tra la fine della sabbiatura e la fine dellôapplicazione del primo strato anticorrosivo.

Durante tale intervallo di tempo, il prodotto o il particolare devono essere tenuti in un ambiente chiuso alla temperatura di ≥ 15°C e umidità relativa ≤ 75%; in ogni caso, non si devono osservare inneschi di ossidazione (vedi ISO 8501-1). Inoltre deve essere garantita una temperatura superficiale del supporto superiore di c.ca 3 °C al punto di rugiada (vedi ISO 8402-4). Considerato lôelevato rischio in caso di innesco di fenomeni corrosivi, è necessario comunque un controllo visivo immediatamente prima dellôinizio delle operazioni di applicazione dei prodotti protettivi.

Se lôintervallo tra la fine della sabbiatura e/o spazzolatura/carteggiatura e lôapplicazione del primo strato anticorrosivo ha superato il tempo raccomandato, il particolare deve essere nuovamente sabbiato/carteggiato fino al raggiungimento del grado di pulizia richiesto.

I processi di sabbiatura e/o spazzolatura/carteggiatura non devono causare deformazioni, neanche minime, del prodotto o del particolare da verniciare.

Supporti in acciaio al carbonio per sale (assili e ruote):

La preparazione dei supporti per le sale montate (assili e ruote) devono essere concordi con quanto prescritto nelle norme di riferimento EN13261 e EN13262. Le superfici sono ottenute per lavorazione meccanica per asportazione di truciolo (tornitura / rettifica) e in accordo con le prescrizioni possono essere anche rullate o lucidate.

Irruvidimento: sulle superfici è ammessa carteggiatura ma essa non deve influenzare il valore della rugosità minima e/o massima ammessa dal disegno, o alterare lo stato della superficie richiesta.
Sul prodotto nuovo non è ammessa la sabbiatura (*entra in gioco la qualifica del prodotto*).

Dopo il completamento della attività di preparazione superficiale è necessario verificare lôeventuale presenza di contaminanti superficiali quali sali e polveri (vedi UNI EN ISO 8502-3 e UNI EN ISO 8502-6). In particolare la pulizia del manufatto deve essere eseguita in modo accurato tramite aspirazione, soffiatura o altro metodo idoneo in modo che tutte le superfici risultino prive di impurità o polvere.

La preparazione superficiale deve essere eseguita immediatamente prima delle operazioni di applicazione dei prodotti anticorrrosivi. Non devono trascorrere più di 8 ore tra la fine della preparazione superficiale e la successiva applicazione della primo strato di prodotto anticorrosivo e non devono trascorrere più di 32 ore tra la fine della sabbiatura e la fine dellôapplicazione del primo strato anticorrosivo.

Durante tale intervallo di tempo, il prodotto o il particolare devono essere tenuti in un ambiente chiuso alla temperatura di ≥ 15°C e umidità relativa ≤ 75%; in ogni caso, non si devono osservare inneschi di ossidazione (vedi ISO 8501-1). Inoltre deve essere garantita una temperatura superficiale del supporto superiore di c.ca 3 °C al punto di rugiada (vedi ISO 8402-4). Considerato lôelevato rischio in caso di innesco di fenomeni corrosivi, è necessario comunque un controllo visivo immediatamente prima dellôinizio delle operazioni di applicazione dei prodotti protettivi..

Se lôintervallo tra la fine della preparazione superficiale e lôapplicazione del primo strato anticorrosivo ha superato il tempo raccomandato, il particolare deve essere nuovamente preparato fino al raggiungimento del grado di pulizia richiesto.

Supporti in lega di alluminio:

a. Pulire accuratamente tutte le saldature da ceneri residue e spruzzi di saldatura, eliminando crateri, scorie, profili irregolari, incisioni e incollature (vedi UNI EN ISO 8501-3).
b. Irruvidimento superficiale mediante sabbiatura con corindone (se non diversamente specificato a disegno) con percentuale di Fe Ò1%:

    - grado di pulizia: vedi riferimenti fotografici allegati
    - rugosità: Ra Ó 1,8 e Ò 12 µm secondo ISO 8503-4 (se non diversamente specificato a disegno)

    In alternativa:

    Irruvidimento superficiale mediante carteggiatura con carte abrasive di grana idonea e/o spazzolatura con spazzole in acciaio inox:

    - grado di pulizia (vedi riferimenti fotografici allegati)
    - rugosità: Ra Ó 1,8 e Ò 3,2 µm secondo ISO 8503-4 (se non diversamente specificato a disegno)
    - Accurata pulizia e sgrassaggio delle superfici con lancia termica a vapore con prodotti detergenti neutri e risciacquo con acqua demineralizzata con conducibilità Ò50 µS.

c. Dopo il completamento della attività di preparazione superficiale è necessario verificare lœeventuale presenza di contaminanti superficiali quali sali e polveri (vedi per esempio UNI EN ISO 8502-3 e UNI EN ISO 8502-6). In particolare la pulizia del manufatto deve essere eseguita:

   - per le preparazioni superficiali mediante sabbiatura prima dellœapplicazione del fondo anticorrosivo, eliminare in modo accurato tramite aspirazione, soffiatura o altro metodo idoneo, impurità e polveri da tutte le superfici ed in particolare da scatolati semi aperti o altre situazioni simili
   - per le preparazioni superficiali mediante carteggiatura, successivo lavaggio con lancia a vapore e risciacquo con acqua demineralizzata prima dellœapplicazione del fondo anticorrosivo, eliminare in modo accurato tramite aspirazione, soffiatura o altro metodo, tutta lœacqua utilizzata per il lavaggio e il successivo risciacquo da tutte le superfici ed in particolare da scatolati semi aperti o altre situazioni simili. Inoltre è necessario eseguire una successiva asciugatura in forno per eliminare ogni traccia di umidità dalle superfici (almeno 60ôa 80° C).

La sabbiatura e/o carteggiatura/spazzolatura deve essere eseguita immediatamente prima delle operazioni di applicazione dei prodotti anticorrrosivi. Non devono trascorrere più di 8 ore tra la fine della sabbiatura e la successiva applicazione della primo strato di prodotto anticorrosivo e non devono trascorrere più di 32 ore tra la fine della sabbiatura e la fine dellœapplicazione del primo strato anticorrosivo.

Durante tale intervallo di tempo, il rotabile o il manufatto devono essere tenuti in un ambiente chiuso alla temperatura di ≥ 15°C e umidità relativa ≤ 75%; in ogni caso, non si devono osservare inneschi di ossidazione. Inoltre deve essere garantita una temperatura superficiale del supporto superiore di c.ca 3 °C al punto di rugiada (vedi ISO 8402-4). Considerato lœelevato rischio in caso di innesco di fenomeni corrosivi, è necessario comunque un controllo visivo immediatamente prima dellœinizio delle operazioni di applicazione dei prodotti protettivi..

Se lœintervallo tra la fine della sabbiatura e/o spazzolatura/carteggiatura/lavaggio e lœapplicazione del primo strato anticorrosivo ha superato il tempo raccomandato, il particolare deve essere nuovamente sabbiato/carteggiato/lavato fino al raggiungimento del grado di pulizia richiesto.

I processi di sabbiatura e/o spazzolatura/carteggiatura/lavaggio non devono causare deformazioni, neanche minime, del prodotto o del particolare da verniciare.

Supporti in acciaio inox:

a. Pulire accuratamente tutte le saldature da ceneri residue e spruzzi di saldatura, eliminando crateri, scorie, profili irregolari, incisioni e incollature (vedi UNI EN ISO 8501-3).
b. Irruvidimento superficiale mediante carteggiatura con carte abrasive di grana idonea (usare grana con percentuale di Fe Ò1%) e/o spazzolatura con spazzole in acciaio inox:

- grado di pulizia: vedi riferimenti fotografici allegati
- rugosità: Finitura superficiale n. 4 (120 ï 150 grit) secondo ASTM A480 (se non diversamente specificato a disegno)

in alternativa:

- rugosità per componenti con spessore < di 2 mm: Ra Ó1,6 e Ò6,3 µm secondo ISO 8503-4 (se non diversamente specificato a disegno)

c. Sgrassaggio accurato con idoneo solvente di tutte le superfici

d. Dopo il completamento della attività di preparazione superficiale è necessario verificare l’eventuale presenza di contaminanti superficiali quali sali e polveri (vedi per esempio UNI EN ISO 8502-3 e UNI EN ISO 8502-6). In particolare la pulizia del manufatto deve essere eseguita in modo accurato tramite aspirazione, soffiatura o altro metodo idoneo di modo che tutte le superfici (in particolare gli scatolati semi aperti o altre situazioni simili) risultino prive di impurità o polvere.

Prima dell’applicazione del primo strato di fondo anticorrosivo il prodotto o il particolare devono essere tenuti in un ambiente chiuso alla temperatura di ≥ 15°C e umidità relativa ≤ 75%; in ogni caso, non si devono osservare inneschi di ossidazione. Inoltre deve essere garantita una temperatura superficiale del supporto superiore di c.ca 3 °C al punto di rugiada (vedi ISO 8402-4). Considerato l’elevato rischio nel caso di innesco di fenomeni corrosivi, è necessario comunque un controllo visivo immediatamente prima dell’inizio delle operazioni di applicazione dei prodotti protettivi.

I processi di spazzolatura/carteggiatura non devono causare deformazioni, neanche minime, del prodotto o del particolare da verniciare.

Nel caso in cui l’acciaio inox non sia verniciato è necessario procedere ad un decapaggio chimico secondo ASTM A380. Le attività di decapaggio dovranno prevedere le seguenti fasi:

- sgrassaggio
- decapaggio
- risciacquo
- passivazione
- risciacquo

Supporti in materiali compositi con pelle esterna in gel coat:

a. Irruvidimento mediante carteggiatura (con carta abrasiva con grana 180-240) delle superfici da verniciare:

- rugosità: Ra Ó 1,6 e Ò 2,5 µm secondo ISO 8503-4 (se non diversamente specificato a disegno)

Particolari che presentino superficie grezza rugosa/ondulata destinata a rimanere tale devono essere carteggiate con Scotch Brite (tipo 07447 A-VFN 3M o similare)

b. Sgrassaggio accurato con idoneo solvente di tutte le superfici

c. Dopo il completamento della attività di preparazione superficiale è necessario verificare l'eventuale presenza di polveri (vedi per esempio UNI EN ISO 8502-3). In particolare la pulizia del manufatto deve essere eseguita in modo accurato tramite aspirazione, soffiatura o altro metodo idoneo di modo che tutte le superfici (in particolare gli scatolati semi aperti o altre situazioni simili) risultino prive di impurità o polvere.

Prima dell'applicazione del primo strato di fondo anticorrosivo il prodotto o il particolare devono essere tenuti in un ambiente chiuso alla temperatura di ≥ 15°C e umidità relativa ≤ 75%.

La carteggiatura deve essere eseguita immediatamente prima delle operazioni di verniciatura. Non devono trascorrere più di 72 ore tra la fine della carteggiatura e la successiva applicazione della prima mano di fondo.

Supporti in materiali plastici:

Per la verniciatura di materiali plastici, considerando le molteplici tipologie di materie plastiche ad oggi esistenti sul mercato, in particolare si menzionano:

- polietilene (PE),
- polipropilene (PP),
- politetrafluoroetilene (PTFE),
- altri,

e le problematiche di pulizia superficiale (solventi/detergenti specifici per ogni tipologia di materia plastica), di irruvidimento e la particolarità dei cicli di verniciatura che richiedono l'impiego di specifici fondi e smalti (problemi di adesione, dilatazione termica, ecc.), si consiglia di definire con il fornitore del ciclo di verniciatura il ciclo di verniciatura stesso, le prove di qualifiche ed i criteri di accettabilità.

7.7.2 Trattamenti superficiali di tipo chimico

Prima di eseguire la preparazione superficiale dovranno essere comunque eliminati da tutti i tipi di supporto (acciaio, acciaio inox e lega leggera) contaminanti superficiali, prodotti di corrosione, oli, grassi, (strati di ossido anodico per leghe di alluminio) e rivestimenti organici (vedi per esempio UNI EN ISO 12944-4 per acciaio).

Per la scelta del trattamento chimico superficiale di conversione chimica, la preferenza deve essere data ai trattamenti a basso impatto ambientale. Trattamenti alternativi alla fosfocromatazione per leghe di alluminio o alla fosfatazione cristallina (per esempio fosfato di zinco) per l'acciaio, dovranno garantire le stesse prestazioni.

La fosfocromatazione dell'alluminio deve essere eseguita in accordo alla UNI 9921 Classe 5.

Il trattamento chimico deve essere eseguito immediatamente prima delle operazioni di verniciatura. Non devono trascorrere più di 24 ore tra la fine del pretrattamento e la successiva applicazione della prima mano di fondo.

Durante tale intervallo di tempo, il prodotto o il particolare devono essere tenuti in un ambiente chiuso alla temperatura di ≥ 15°C e umidità relativa ≤ 75%; in ogni caso, non si devono osservare inneschi di ossidazione. Inoltre deve essere garantita una temperatura superficiale del supporto superiore di c.ca 3 °C al punto di rugiada (vedi ISO 8402-4). Considerato l'elevato rischio in caso di deterioramento trattamento chimico, è consigliato comunque un controllo immediatamente prima dell'inizio delle operazioni di applicazione dei prodotti protettivi.

Se l'intervallo tra la fine del pretrattamento e l'applicazione del primo strato di fondo ha superato il tempo raccomandato, il particolare deve essere nuovamente pretrattato.

7.7.3 Protezione del rotabile con prodotti vernicianti liquidi (SB e SW) e polveri termoindurenti

Struttura cassa:

- Fiancate
  - Fondo Anticorrosivo + Intermedio + Smalto finale
  - Stucco
  - Fondo Anticorrosivo + Intermedio + Base opaca + Trasparente
  - Stucco

- Tetto e testate piana
  - Fondo Anticorrosivo + Smalto finale

- Sottocassa
  - Fondo Anticorrosivo + Smalto finale
  - Fondo Anticorrosivo (monostrato)

- Interno cassa
  - Fondo Anticorrosivo + Smalto finale
  - Fondo Anticorrosivo (monostrato)

Impiego di insonorizzanti e intumescenti a disegno.

Componenti

- Particolari a vista esterno cassa

- Fondo Anticorrosivo + Intermedio + Smalto finale
- Stucco
- Fondo Anticorrosivo + Intermedio + Base opaca + Trasparente
- Stucco

• Particolari non a vista interno cassa

  - Fondo Anticorrosivo

Inoltre si precisa che:

Leghe serie 6000 (Anticorodal): Per staffe, tubi, canaline ecc. realizzate con leghe di alluminio serie 6000 (anticorodal) può non essere richiesta la protezione superficiale, ad esclusione dei componenti che interfacciano con il pavimento e che possono venire a contatto con prodotti chimici, durante le operazioni di pulizia del pavimento stesso. Questi componenti dovranno avere una protezione superficiale anticorrosiva adeguata.

Altre leghe: Per particolari realizzati con tutte le altre leghe di alluminio:
- ciclo di verniciatura (prodotti SB/WB)

Particolari in acciaio al carbonio: Per questa tipologia di supporto:
- ciclo di verniciatura (prodotti SB/WB)

Particolari in acciaio inox: Non è richiesta nessuna protezione superficiale

Particolari in materiale composito con pelle esterna in resina: Non è richiesta nessuna protezione superficiale

In alternativa per particolari non a vista interno cassa, può essere utilizzato un ciclo di verniciatura con l'impiego di polveri poliuretaniche o poliestere termoindurenti, nelle finiture e colori richiesti o, per le sole leghe di alluminio, trattamenti di ossidazione anodica.

• Particolari non a vista esterno cassa
  - Fondo Anticorrosivo + Smalto finale
  - Fondo Anticorrosivo (monostrato)

• Particolari a vista interno cassa
  - Fondo Anticorrosivo + Smalto finale
  - Fondo Anticorrosivo + Base opaca + Trasparente
  - Fondo Anticorrosivo + Intermedio + Smalto finale
  - Stucco
  - Fondo Anticorrosivo + Intermedio + Base opaca + Trasparente
  - Stucco

In alternativa per particolari a vista interno cassa, può essere utilizzato un ciclo di verniciatura con l'impiego di polveri poliuretaniche o poliestere termoindurenti con caratteristiche antigraffiti, nelle finiture e colori richiesti o, per le sole leghe di alluminio, trattamenti di ossidazione anodica.

Impiego di insonorizzanti e intumescenti a disegno.

Carrelli e suoi componenti

- Fondo Anticorrosivo + Smalto finale
- Fondo Anticorrosivo (monostrato)

Sale e suoi componenti

- Fondo Anticorrosivo + Smalto finale

7.8 Raccomandazioni per lôapplicazione di cicli anticorrosivi con protezione del supporto mediante lôutilizzo di prodotti vernicianti liquidi (SB o WB) o con polveri termoindurenti

Nei paragrafi seguenti sono suggeriti i singoli valori puntuali dello spessore del film secco relativi ai prodotti vernicianti impiegati per il ciclo protettivo. Relativamente ai range degli spessori del film secco sotto indicati, si precisa che i **valori minimi** ed i **valori massimi** devono essere **rispettati**, se non diversamente indicato nelle ST dei singoli prodotti.

7.8.1 Esterno cassa

In alternativa ai prodotti sotto indicati, possono essere utilizzati prodotti 1K WB - SB in sostituzione dei prodotti 2K per tutte le superfici del rotabile e prodotti anticorrosivi monostrato per sottocassa e interno cassa e carrelli (spessore film secco 100-180 µm).

Lôimpiego dei prodotti insonorizzanti e intumescenti deve essere definito a disegno.

- Fiancate

  Anticorrosivo 2K EP WB o SB: spessore film secco 50-90 µm.
  Stucco 2K EP SB: spessore film secco Ò1000 µm dopo carteggiatura
  Intermedio 2K EP WB o SB: spessore film secco 80-150 µm prima della levigatura
  Smalto finale 2K PUR WB o SB, AG: spessore film secco 50-70 µm
  Smalto finale 2K PUR WB o SB: spessore film secco 40-70 µm

  In alternativa allo smalto:
  Base opaca 1k o 2k PUR WB o SB: spessore film secco minimo 15 µm, il valore massimo sarà indicato in funzione del potere coprente del prodotto
  Trasparente 2K PUR WB o SB, AG: spessore film secco 50-70 µm
  Trasparente 2K PUR WB o SB: spessore film secco 40-70 µm

- Tetto e testate piane

Anticorrosivo 2K EP WB o SB: spessore film secco 50-90 µm.
Smalto finale 2K PUR WB o SB, AG: spessore film secco 50-70 µm
Smalto finale 2K PUR WB o SB: spessore film secco 40-70 µm

In alternativa allo smalto:
Base opaca 1k o 2k PUR WB o SB: spessore film secco 15 µm, il valore massimo sarà indicato in funzione del potere coprente del prodotto
Trasparente 2K PUR WB o SB, AG: spessore film secco 50-70 µm
Trasparente 2K PUR WB o SB: spessore film secco 40-70 µm

- Sottocassa

Anticorrosivo 2K EP WB o SB: spessore film secco 50-90 µm.
Smalto micaceo finale 2K EP WB o SB: spessore film secco 100-150 µm

- Interno cassa

Anticorrosivo 2K EP WB o SB: spessore film secco 50-90 µm.

Se specificatamente richiesto possono essere impiegati cicli uguali a quelli richiesti per le fiancate o per il tetto.

7.8.2 Componenti

- Particolari a vista esterno cassa

Anticorrosivo 2K EP WB o SB: spessore film secco 50-90 µm.
Stucco 2K EP SB: spessore film secco Ò1000 µm dopo carteggiatura
Intermedio 2K EP WB o SB: spessore film secco 80-150 µm prima della levigatura
Smalto finale 2K PUR WB o SB, AG: spessore film secco 50-70 µm
Smalto finale 2K PUR WB o SB: spessore film secco 40-70 µm

In alternativa allo smalto:
Base opaca 1k o 2k PUR WB o SB: spessore film secco 15 µm, il valore massimo sarà indicato in funzione del potere coprente del prodotto
Trasparente 2K PUR WB o SB, AG: spessore film secco 50-70 µm
Trasparente 2K PUR WB o SB: spessore film secco 40-70 µm

- Particolari a vista interno cassa

Anticorrosivo 2K EP WB o SB: spessore film secco 50-90 µm.
Stucco 2K EP SB: spessore film secco Ò1000 µm dopo carteggiatura
Intermedio 2K EP WB o SB: spessore film secco 80-150 µm prima della levigatura
Smalto finale 2K PUR WB o SB, AG: spessore film secco 50-70 µm
Smalto finale 2K PUR WB o SB: spessore film secco 40-70 µm

In alternativa allo smalto:

Base opaca 1k o 2k PUR WB o SB: spessore film secco 15 µm, il valore massimo sarà indicato in funzione del potere coprente del prodotto
Trasparente 2K PUR WB o SB, AG: spessore film secco 50-70 µm
Trasparente 2K PUR WB o SB: spessore film secco 40-70 µm

In alternativa ai prodotti SB e WB possono essere utilizzate polveri termoindurenti con caratteristiche antigraffiti (PC AG) con spessore consigliato, allo stato delle attuali conoscenze tecnologiche specifiche, di 60 ï 140 µm.

Il range di spessore sopraindicato può essere modificato in considerazione di:

- geometria del pezzo da verniciare ,
- tipo di impianto,
- tipo pretrattamento,
- tipologia del rivestimento,
- ecc.,

in ogni caso deve essere garantito lo spessore minimo (60 µm) tale da assicurare la costanza dellâaspetto estetico, la protezione alla corrosione, la protezione ai graffiti.
Per superfici non in vista si consiglia di applicare uno spessore tale da garantire un minimo effetto estetico e protettivo del manufatto (indicativamente valori compresi tra i 30 e 50 micron)

Situazioni di spessori particolari dovranno essere valutate caso per caso.

- Particolari non a vista interno cassa

Anticorrosivo 2K EP WB o SB: spessore film secco 50-90 µm.

In alternativa ai prodotti SB e WB possono essere utilizzate polveri termoindurenti (PC), nelle finiture e colori richiesti: spessore film secco come indicato nel paragrafo precedente.

- Particolari non a vista esterno cassa

Anticorrosivo 2K EP WB o SB: spessore film secco 50-90 µm.
Smalto finale 2K PUR WB o SB: spessore film secco 40-70 µm

7.8.3 Carrelli e componenti

Anticorrosivo 2K EP WB o SB: spessore film secco 50-90 µm.
Smalto finale 2K EP WB o SB: spessore film secco 50-80 µm

7.8.4 Sale e componenti

Anticorrosivo 1K o 2K EP WB o SB: spessore film secco 50-90 µm.
Smalto finale 1K o 2K EP WB o SB: spessore film secco 50-80 µm

7.9 Raccomandazioni per lâapplicazione di cicli anticorrosivi con protezione del supporto mediante ossidazione anodica, zincatura elettrolitica o lamellare.

La definizione delle caratteristiche minime di questi rivestimenti dovranno essere indicate dal progettista in collaborazione con l'esperto di anticorrosione. Il presente documento fornisce comunque delle indicazioni minime limitate alle attività omologazione.